



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

**DOKUMENTACE KAŇONŮ V BÝČÍ SKÁLE
- ZÁPADNÍ ČÁST**

DOCUMENTATION OF KAŇONY PASSAGE IN BÝČÍ SKÁLA CAVE - WESTERN PART

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub STAUFČÍK

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim KRATOCHVÍL, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jakub Staufčík
Název	Dokumentace Kaňonů v Býčí skále - západní část
Vedoucí práce	Ing. Radim Kratochvíl, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Hromas, J. - Weigel, J. 1998: Základy speleologického mapování. Nakladatelství Zlatý kůň a Česká speleologická společnost, Praha.
2. Golec, M. et al. 2015: Býčí skála, Jeskyně a člověk - příroda a kultura. ZO ČSS 6-01 Býčí skála, Blansko.
3. Oliva, M. et al. 2015: Jeskyně Býčí skála ve svých dějích a pradějích. Moravské zemské muzeum, Brno.
4. Heeb, B. 2015: DistoX2 User Manual. [online]. [cit 14.11.2016]. Dostupné z: <http://paperless.bheeb.ch>.
5. Heeb, B. 2013: DistoX2 Calibration Manual. [online]. [cit 14.11.2016]. Dostupné z: <http://paperless.bheeb.ch>.
6. Corvi, M. 2016: TopoDroid v.2.7 User Manual. [online]. [cit 14.11.2016]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/speleoapps/home/topodroid>.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

1. Shromážděte existující grafické a číselné podklady k zadané lokalitě a proveďte jejich zhodnocení.
2. Proveďte rekognoskaci lokality a stávající měřické sítě.
3. Navrhněte případné doplnění měřické sítě a zvolte vhodné dokumentační postupy.
4. Proveďte dokumentaci lokality podle požadavků a v rozsahu konzultovaném s vedoucím závěrečné práce.
5. Vytvořte grafickou podobu dokumentace ve vhodném CAD systému.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Radim Kratochvíl, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá postupem vedoucím k vyhotovení map půdorysu a podélného řezu v měřítku 1:250 v západní části Kaňonů v jeskyni Býčí skála. Práce obsahuje popis lokality, ve které speleologické mapování probíhalo a dále je zde popsán postup měření polygonového pořadu, podrobného měření, a nakonec i samotné tvorby finálních map.

KLÍČOVÁ SLOVA

jeskyně, speleologické mapování, polygonový pořad, TopoDroid, DistoX2, půdorys, podélný profil, příčný řez, Býčí skála

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the proces leading to the creation of the ground plan and transection of the western part of the Canyons in the Býčí skála cave in the scale of 1: 250. The work contains a description of the location in which the speleological surveying was carried out and then is here described how to measure the traverse, the detailed measurement, and ultimately the map drawing itself.

KEYWORDS

cave, speleological survey, traverse, TopoDroid, DistoX2, ground plan, transection, cross section, Býčí skála

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jakub Staufčík *Dokumentace Kaňonů v Býčí skále - západní část*. Brno, 2017. 40 s., 10 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Radim Kratochvíl, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29. 4. 2017

Jakub Staufčík
autor práce

Poděkování:

Rád bych poděkoval svým rodičům, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia. Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Radimu Kratochvílovi, Ph.D. za cenné rady a spolupráci při tvorbě této práce. Dále bych chtěl poděkovat svým kolegům Romanu Chaloupkovi, Romaně Pribišové, Pavle Rehbergerové a Tomáši Zubíkovi za pomoc při měření této bakalářské práce. A na závěr chci poděkovat speleologické skupině ZO 6-01 Býčí skála za poskytnuté ubytování v průběhu měření.

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	MORAVSKÝ KRAS.....	11
2.1	Býčí skála	13
2.1.1	Kaňony.....	14
3	PŘÍPRAVNÉ PRÁCE	15
3.1	Rekognoskace	15
3.2	Použité přístroje a pomůcky.....	15
3.2.1	DistoX2.....	17
3.3	Volba a stabilizace měřických bodů	19
4	PRŮBĚH MĚŘENÍ.....	20
4.1	Polygonový pořad	20
4.1.1	Měření vorodovných vrcholových úhlů.....	22
4.1.2	Měření převýšení	24
4.1.3	Měření délek	25
4.2	Podrobné měření	25
4.2.1	TopoDroid.....	26
4.2.2	Průběh podrobného měření.....	27
5	ZPRACOVÁNÍ DAT	30
5.1	Výpočet souřadnic bodů polygonového pořadu.....	30
5.2	Export podrobného měření.....	32
5.3	Tvorba mapy	33
6	ZÁVĚR.....	36
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	37
8	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	38
8.1	Seznam obrázků	38

8.2	Seznam tabulek	39
9	SEZNAM PŘÍLOH	40

1 ÚVOD

Tato práce se zabývá tvorbou mapy v jeskynním prostředí. Konkrétně se jedná část Kaňonů v jeskyni Býčí skála, nacházející se v Moravském krasu. Měřená data byla získána elektronickou formou, speciálně upraveným laserovým dálkoměrem umožňujícím měřit v podzemí. Tato data byla zpracována do grafické podoby ve formě mapy půdorysu a rozvinutého podélného řezu zadané lokality v měřítku 1:250.

Následující kapitoly pojednávají o lokalitě, na které bylo měření provedeno, dále jsou zde popsány přípravné práce popisující použité přístroje a pomůcky a volbu stabilizací použitých bodů. Další část práce popisuje průběh všech měřických prací, které bylo potřeba pro vyhotovení map provést. Konkrétně se jednalo o zaměření jeskynního polygonového pořadu a podrobné mapování vycházející z tohoto pořadu. Poté přišel na řadu výpočet a zpracování naměřených dat, a nakonec vyhotovení finálních map.

2 MORAVSKÝ KRAS

Moravský kras patří mezi nejvýznamnější krasové oblasti ve střední Evropě. Na celém jeho území je známo více než 1100 jeskyní, z nichž pět je přístupných veřejnosti. Punkevní jeskyně s možností plavby na podzemní říčce Punkvě spojené s prohlídkou dna propasti Macocha, Kateřinská jeskyně, která je známá unikátními hůlkovými stalagmity, Jeskyně Balcarka s bohatou a barevnou krápníkovou výzdobou, Sloupsko-šošůvské jeskyně, tvořené mohutnými chodbami a podzemními propastmi a Jeskyně Výpustek s bohatou vojenskou historií.

Pozoruhodné jsou také typické krasové kaňony Pustý a Suchý žleb, propadání Bílé vody a zejména Amatérská jeskyně, která je veřejnosti nepřístupná. Neopakovatelný zážitek pak přináší pohled do hlubin propasti Macocha. Dominantou střední části Moravského krasu je Rudické propadání, kde pod zem mizí vody Jedovnického potoka a zpět na zemský povrch vyvěrají až po pětikilometrové pouti podzemím u Býčí skály.

Mimořádné bohatství a široká škála krasových jevů, stejně jako cenná fauna i flóra, jsou předmětem přísné ochrany. Již v roce 1956 bylo toto největší a nejlépe vyvinuté krasové území v ČR prohlášeno za chráněnou krajinnou oblast. Nejcenější lokality jsou navíc chráněny ve 14 přírodních rezervacích, ve kterých se vyskytují četné unikáty živé i neživé přírody - například pouze na dně propasti Macocha najdeme vzácnou Kruhatku Matthioliho. Krasové podzemí je zimovištěm netopýrů, typických zástupců jeskynní fauny. [1]

Moravský kras je součástí Dražanské vrchoviny a nachází se v severní části Jihomoravského kraje, severovýchodně od Brna. Tvoří jej 3 až 6 km široký a přibližně 25 km dlouhý pás devonských vápenců.



Obr. 2.1 - Lokalizace CHKO Moravský kras [2]

2.1 Býčí skála

Jeskyně se nachází ve střední části Moravského krasu v Křtinském údolí mezi obcemi Adamov a Křtiny a 7 km jihovýchodně od Blanska. S Rudickým propadáním tvoří přibližně 16 kilometrů dlouhý jeskynní systém, čímž se v České republice řadí na druhé místo. Nejrozsáhlejší je potom Amatérské jeskyně s 35 km chodeb. Vstupní část do Býčí skály se nachází ve stejnojmenné přes 50 metrů vysoké skalní stěně. [3]

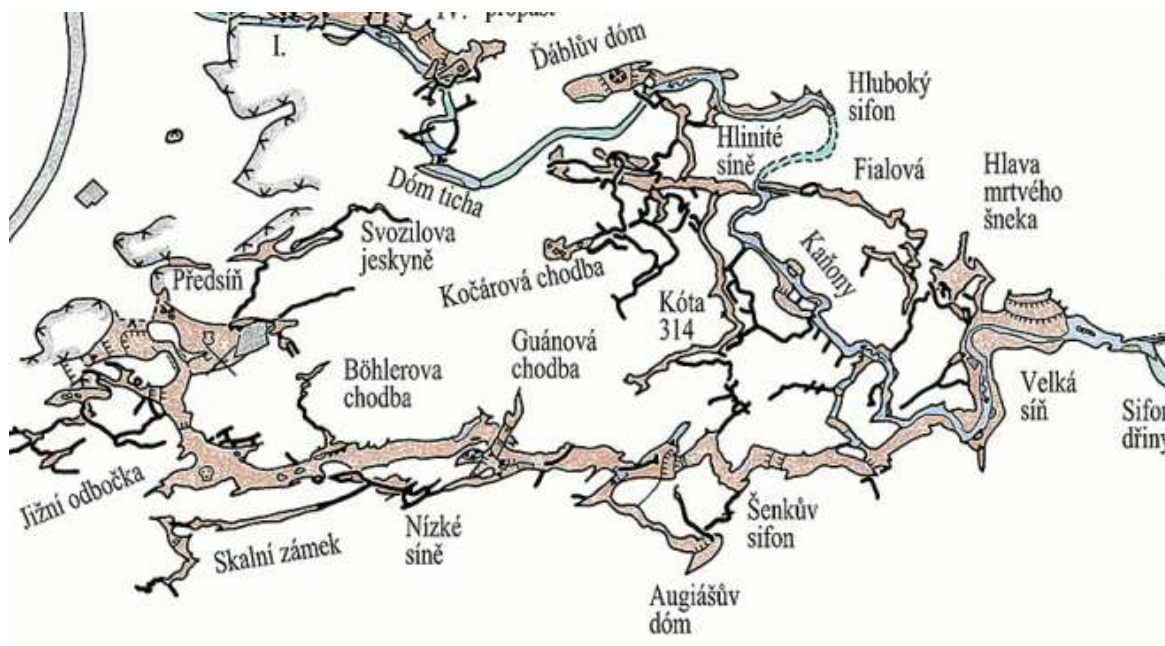


Obr. 2.2 - Skalní stěna se vstupem do Býčí skály [4]

Býčí skála, i když nepřístupná, je poměrně známá díky své bohaté a tajemné historii. Pod svým názvem je známá už od pradávna z různých bájí a pověstí, dávno před objevem bronzového býčka v Předsíni jeskyně. Hlavní chodbu jeskyně vytváří bývalé a od Nové Býčí skály aktivní řečiště Jedovnického potoka. Jeskyně je od roku 1985 propojena s jeskynním systémem Rudického propadání. Díky Jedovnickému potoku protékají jeskyní pravidelné tzv. "velké vody", opakující se zpravidla po 25 letech. Tyto povodně způsobují, že voda s velkou erozní silou protéká celou jeskyní až ke vchodům a těmi ven. Mimo jiné díky nim se ve Staré Býčí skále nevytvořily významné krápníkové útvary. Podstatný význam má však i charakter a mocnost nadložních vrstev. Výzdoba se v této části omezuje na sintrové náteky a pouze jeden velký krápník v hlavní chodbě, který je ještě k tomu poškozen. Krápníková výzdoba je až v zadní části jeskyně od tzv. Prolomené skály a v horních patrech. [4]

2.1.1 Kaňony

Jedná se o odbočku z hlavní chodby Býčí skály. Kaňony se nachází v Nové Býčí skále mezi Šenkovým sifonem a Velkou síní a pokračují do Hlinitých síní. Celou délkou Kaňonů protéká Jedovnický potok.



Obr. 2.3 - Část mapy Býčí skály s umístěním Kaňonů [3]

3 PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

3.1 Rekognoskace

Před samotným měřením bylo potřeba provést rekognoskaci spolu s revizí stávajícího bodového pole v Kaňonech. Ta se uskutečnila dne 7.9. 2016 společně s vedoucím bakalářské práce.

3.2 Použité přístroje a pomůcky

Během celého měření byly využity následující přístroje a pomůcky:

- Teodolit Zeiss Theo 010A (v. č. 809707)
- Nivelační přístroj Meopta MNK20 (v. č. 204)
- Leica DistoX2 (v. č. 2518) spolu s tabletem Samsung Galaxy Tab Active
- 3x dřevěný stativ
- 1x dřevěný stativ krátký jeskynní
- 3x olovnice
- trojnožka
- 2x bílá deska z dřevotřísky
- 2x karbidová lampa
- hliníková segmentová lať 2,5 m
- lať ZEISS 4 m
- 10x10 cm čtverec z mirelonu
- 8x8 cm bílá plastová destička s ryskou



Obr. 3.1 - Teodolit Zeiss Theo 010A (foto T. Zubík)



Obr. 3.2 - Nivelační přístroj Meopta MNK20 [5]



Obr. 3.3 - Laserový dálkoměr DistoX2 (foto T. Zubík)

3.2.1 DistoX2

DistoX2 je elektronické zařízení přinášející mnoho výhod pro mapování jeskynních prostor. Jedná se o upravený laserový dálkoměr Leica Disto X310, v němž byla provedena výměna základní desky. Tato nová deska rozšiřuje funkce dálkoměru o trojosý elektronický kompas, trojosý akcelerometr a bezdrátovou technologii Bluetooth. Kompas umožňuje měření magnetického azimutu, sklonu a šikmé délky v kterékoliv poloze přístroje, a to i bez degradace přesnosti. [6]

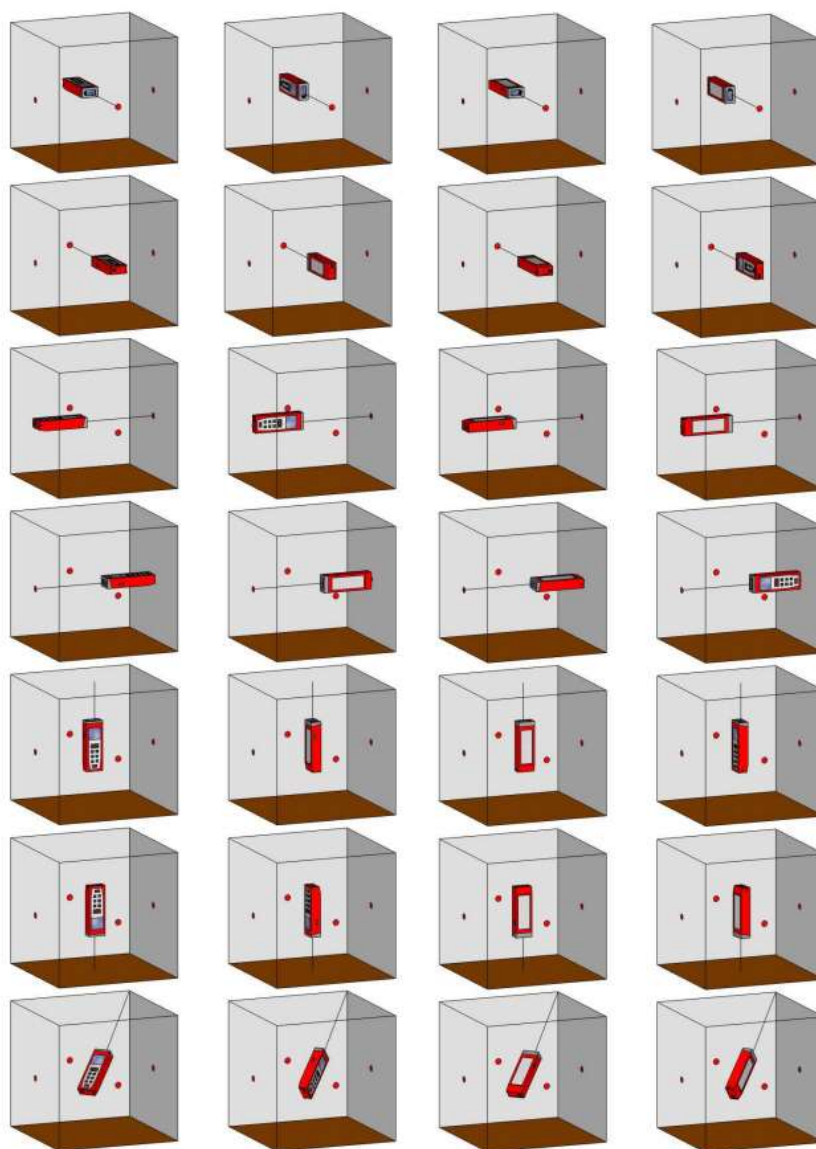
Na obrazovce se po provedení jednotlivého měření zobrazuje nahoře uprostřed magnetický azimut, pod ním úhel sklonu a dole uprostřed se nachází naměřená šikmá vzdálenost. Dálkoměr je schopný uchovat naráz až 1000 různých měření, které je možno kdykoliv přenést do synchronizovaného zařízení. [6]



Obr. 3.4 - Obrazovka DistaX2
[6]

Vzhledem k výrobnímu procesu a působení vnějších vlivů se mohou objevit určité nepřesnosti a chyby, které lze naštěstí relativně snadno odstranit pomocí skupiny kalibračních měření a s nimi spojenými výpočty. Kalibrace by měla být opakována pravidelně. [7]

Kalibrace se provádí v magneticky nenarušeném prostředí, nejlépe v prostorách jeskyně či v lese. Nejdříve je potřeba přepnout DistoX2 do kalibračního režimu, který nastavíme v aplikaci TopoDroid na spárovaném zařízení. Kalibrační měření se uskutečňuje v pomyslné krychli a skládá se z 56 záměr ve 14 různých směrech. Každý směr je měřen čtyřikrát s různým pootočením dálkoměru vždy o 90° ve směru hodinových ručiček v jeho podélné ose. [7]



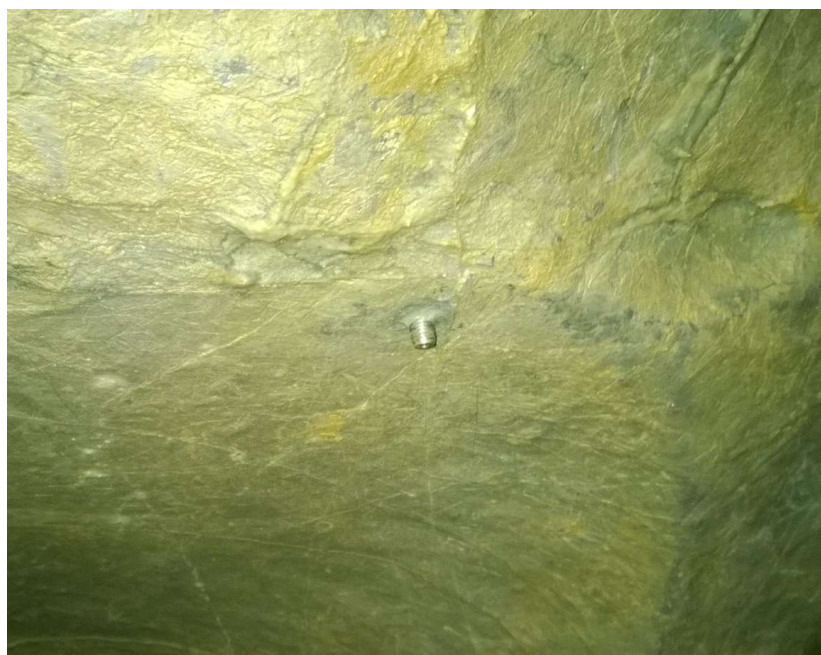
Obr. 3.5 - Postup kalibrace [7]

3.3 Volba a stabilizace měřických bodů

Měření jeskynního polygonového pořadu bylo provedeno na bodech, které se již v naší konkrétní lokalitě nacházely. Jedná se o šrouby z nerezové oceli, které byly navrtány do podlahy, stěny nebo i do stropu jeskyně. Tyto body byly označeny BS701 až BS712.

V lokalitě se nacházely i starší, už zrezivělé body, které byly občas použity při podrobném měření. Příkladem může být vedlejší polygonový pořad z bodu BS709 (BS709.1 – BS709.4), při jehož zaměření se takovéto body využily.

Od bodu BS712 až po konec zaměřované části jeskyně už nebyly trvale stabilizovány žádné body a polygonový pořad odtud pokračoval na bodech dočasně stabilizovaných. Ty byly realizovány křídou nebo voskovkou křížem na stěně jeskyně. Jednalo se o body BS712.1d až BS712.10d.



Obr. 3.6 - Stabilizace bodu polygonového pořadu (foto R. Chaloupka)

4 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Mapování zájmové lokality v Býčí skále probíhalo v několika etapách, kde polygonový pořad byl zaměřen společně s kolegyněmi Romanou Pribišovou a Pavlou Rehbergerovou a pro podrobné měření bylo rozděleno na tři části: východní, střední a západní, které byly rozděleny mezi nás studenty. Západní část Kaňonů, která pokračuje do Hlinitých síní a je ukončena Hlubokým sifonem, zpracovává autor této práce (viz Obr. 2.3).

Jednotlivé etapy (2016/2017):

- 7.9. – 8.9. Rekognoskace lokality + zaměření vodorovných vrcholových úhlů na bodech BS701 – BS709
- 11.11. Nivelace a měření délek mezi body polygonového pořadu
- 9.3. Podrobné měření z bodů BS708 – BS712
- 25.3. Kalibrace zařízení DistoX2 a podrobné měření odbočky z hlavní chodby u bodu BS709
- 14.4. Doměření vodorovných vrcholových úhlů polygonového pořadu na bodech BS710 a BS711 a následné podrobné měření od bodu BS712 po Hlinité síně

4.1 Polygonový pořad

Měření polygonového pořadu v Kaňonech se skládalo ze tří částí. Měření vodorovných vrcholových úhlů na bodech polygonu, technické nivelace a měření šikmých délek.

Pro napojení uvedeného polygonového pořadu do souřadnicových systémů S-JTSK a Bpv byl využit bod BS526A, který se nachází v hlavní chodbě jeskyně přímo naproti odbočce do Kaňonů. Jeho souřadnice včetně souřadnic bodu předchozího a následujícího (BS525, BS527) byly převzaty z existujícího zpracování polygonového pořadu hlavní chodbou jeskyně. Spolu s nimi byla převzata i osnova směrů z bodu BS526A obsahující i směr na první bod (BS701) nového polygonového pořadu.

Posledním geodeticky určeným bodem polygonového pořadu byl bod BS712. Od něj byl veden pokračující polygonový pořad až na konec zaměřovaného úseku po dočasně stabilizovaných bodech. Toto měření bylo uskutečněno pomocí zařízení DistoX2

Tab. 4.1 - Převzaté souřadnice

Bod	Y [m]	X [m]	H [m]
BS525	590247,619	1148807,394	308,374
BS526A	590240,339	1148789,110	308,188
BS527	590238,760	1148777,231	308,237

Tab. 4.2 - Převzatá osnova směrů

BS 526A	BS 525	18.02.1999	Wild Kratochvíl	I.	0	0	0	0	0	0	04.12.2004	Theo 020A č. 618116	I.	0	6	9	5	0	6	9	2	
	II.			200	0	0	0	0	0	0			II.	200	6	9	0	0	0	0	0	
	I.			57	9	7	0	57	9	7			5	I.	58	6	7	5	58	6	7	3
	II.			257	9	8	0	57	9	7			5	II.	258	6	7	0	57	9	8	0
	I.			184	2	6	5	184	2	7			5	I.	184	9	8	0	184	9	7	5
	II.			384	2	8	5	184	2	7			5	II.	384	9	7	0	184	2	8	3

	04.12.2004	Theo 020A č. 618116	I.	100	3	7	0	100	3	7	3	0,0000	0	0	0	0		
			II.	300	3	7	5	0	0	0	0							
			I.	158	3	4	0	158	3	4	5	57,9758	57	9	7	5	8	0,38
			II.	358	3	5	0	57	9	7	3							
			I.	284	6	6	5	284	6	7	3	184,2858	184	2	8	5	8	1,28
			II.	84	6	8	0	184	3	0	0							

4.1.1 Měření vodorovných vrcholových úhlů

Nejprve proběhlo měření vrcholových úhlů, které byly zaměřeny ve dvou skupinách teodolitem od firmy Zeiss, Theo 010A. Před vlastním zaměřením vrcholového úhlu bylo zapotřebí provést horizontaci teodolitu na stativu a zcentrovat jej nad nebo pod bod, nacházel-li se ve stěně, podlaze nebo ve stropě jeskyně. Centrace se ve všech případech prováděla pomocí olovnice.

Signalizace měřených bodů se lišila podle toho, jestli byl bod v podlaze nebo na stěně či ve stropě jeskyně. U bodů nacházejících se v podlaze, byla provedena centrace stativu nad bodem pomocí zavěšené olovnice a za stativ s olovníci byla umístěna bílá 1x1 m deska z dřevotřísky. Měření vodorovných směrů se uskutečňovalo cílením na provázek olovnice. Vzhledem k nepřítomnosti přirozeného světla v jeskyni, byla celá konstrukce osvětlena pomocí karbidové lampy. V případě bodů umístěných ve stěně nebo ve stropě byla olovnice zavěšena přímo na šroub tvořící bod a tím pádem nebyla centrace zapotřebí. I v takovém případě bylo nutné umístit za bod se zavěšenou olovníci bílou desku.



Obr. 4.1 - Způsob signalizace bodů při měření vrcholových úhlů polygonového pořadu (foto. T. Zubík)


Postup měření byl takový, že bylo nejprve předběžně zacíleno na předchozí bod a nastaveno čtení blízké nule ($0,01^{\circ}$), přístroj byl protočen a potom bylo teprve zacíleno a čteno na mikrometru, který musel být nasvětlován. Následovalo čtení na další bod. Poté otočení přístroje do druhé polohy a opětovné čtení na stejném bodě. Skupina končila na začátečním bodě. Před zaměřením druhé skupiny bylo potřebné provést přecentrování přístroje i obou signalizovaných bodů.



Obr. 4.2 - Průběh měření osnovy směrů (foto T. Zubík)

Po doměření obou skupin směrů a jejich redukci, byl spočítán výsledný vodorovný úhel zprůměrováním obou skupin. V některých případech se hodnoty první a druhé skupiny lišily až o 1 grádovou minutu, což je ale s přihlédnutím na nepříznivé jeskynní podmínky přijatelné.

Zápisník vodorovných směrů, zenitových

Polygonový pořad č. _____			Situace: 														
Při protínání: _____																	
stanoviště: _____																	
cíl: _____																	
Měřil _____																	
v poměrech $\frac{7}{100}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{100}$																	
v poměrech _____																	
Stanoviště		Směr na bod č.	Vodorovné směry														
číslo	výška stroje		1. skupina	Průměr průřez radar.		2. skupina	Průměr průřez radar.		(5) + (8) 2								
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)							
BS 526A	BS 526A	BS 526A	I	00	00	94	00	54	100	05	34	05	34				
			II	200	00	14	00	00	300	04	95	00	00	00	00	00	00
			I	264	80	23	80	20	364	85	04	84	94				
			II	64	80	42	49	66	164	84	80	73	60	264	79	63	
BS 402	BS 402	BS 402	I	00	05	42	05	52	100	04	23	00	94				
			II	200	05	62	00	00	300	00	65	00	00	00	00	00	00
			I	236	42	77	42	54	336	69	22	69	19				
			II	36	42	30	67	02	136	69	16	68	25	236	67	64	

Obr. 4.3 - Ukázka zápisu měření vrcholových úhlů

4.1.2 Měření převýšení

Určení převýšení mezi jednotlivými body polygonového pořadu probíhalo metodou technické nivelace za použití přístroje Meopta MNK20. Jako výchozí bod pro výpočet výšek byl použit bod BS526A. Při měření byly použity 2 latě, jedna čtyřmetrová skládací a druhá dva a půl metru dlouhá segmentová, přičemž druhá uvedená byla využita u valné většiny bodů. První zmíněná byla použita pouze u jedné sestavy celého pořadu.



Obr. 4.4 - Průběh nivelace (foto R. Kratochvíl)

4.1.3 Měření délek

Šikmé délky mezi jednotlivými body polygonového pořadu byly měřeny laserovým dálkoměrem Leica DistoX2. Dálkoměr se umístil na jeden z bodů a na druhém byla umístěna bílá plastová destička s ryskou, na kterou se cílilo. Délky mezi body byly měřeny vždy tam a zpět a v každém z těchto směrů vícekrát. Dvakrát u záměr pod 20 metrů a čtyřikrát u vzdáleností větších.

4.2 Podrobné měření

Po doměření polygonového pořadu následovalo podrobné měření zadaného úseku Kaňonů. Šlo o část od bodu BS708 přes bod BS712, kterým geodeticky zaměřený polygonový pořad končil, až po Hluboký sifon, kde byl veden již zmíněný pokračující polygonový pořad po dočasných bodech.

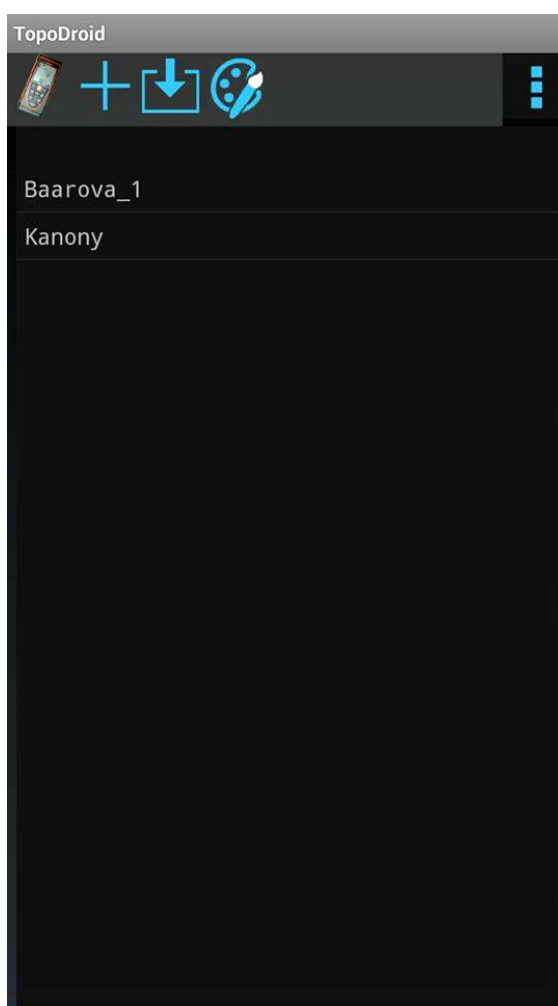
Toto měření bylo provedeno opětovně pomocí zařízení DistoX2. S tím rozdílem, že pro potřebu podrobného měření jej bylo nutno synchronizovat s nějakým zařízením se schopností sběru dat a s možností zákresu náčrtu. K tomuto účelu byl využit tablet Samsung Galaxy Tab Active s operačním systémem Android. Tablet byl s DistemX2 synchronizován pomocí bezdrátové technologie Bluetooth. K synchronizaci a kresbě náčrtu bylo nutné mít na tabletu nainstalovaný nějaký k tomu uzpůsobený software. K tomu byla zvolena aplikace TopoDroid, která byla pro naše požadavky nejlepší a nejdostupnější a je ke stažení zdarma.



Obr. 4.5 - DistoX2 a Samsung Galaxy Tab Active (foto T. Zubík)

4.2.1 TopoDroid

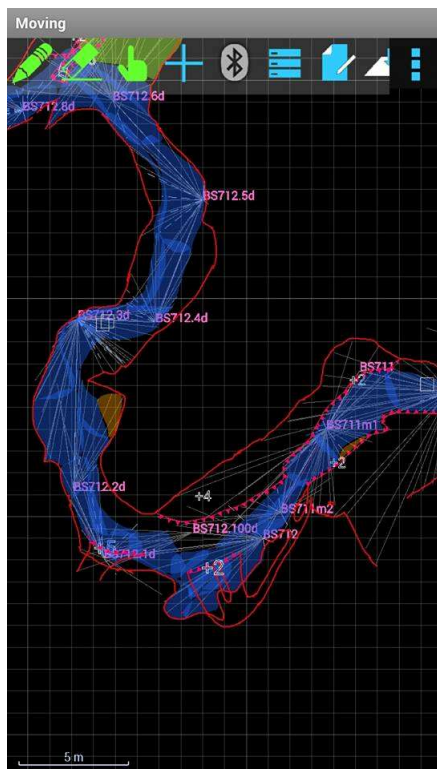
TopoDroid je volně stažitelná aplikace fungující pouze v prostředí operačního systému Android. Byla vyvinuta italským speleologem Marcem Corvi a slouží k mapování v prostorách jeskyní. Software je primárně určen ke spolupráci s laserovým dálkoměrem DistoX2, z kterého je možné do aplikace stahovat přímo v terénu naměřená data. Lze do něj ale psát naměřené hodnoty i ručně bez použití dalšího přístroje. Program zároveň umožňuje hrubé grafické zpracování ve formě měřického náčrtu již v terénu. Nedají se v něm však tvořit finální mapy, k tomuto účelu slouží daleko vhodnější grafické programy na PC. [8]



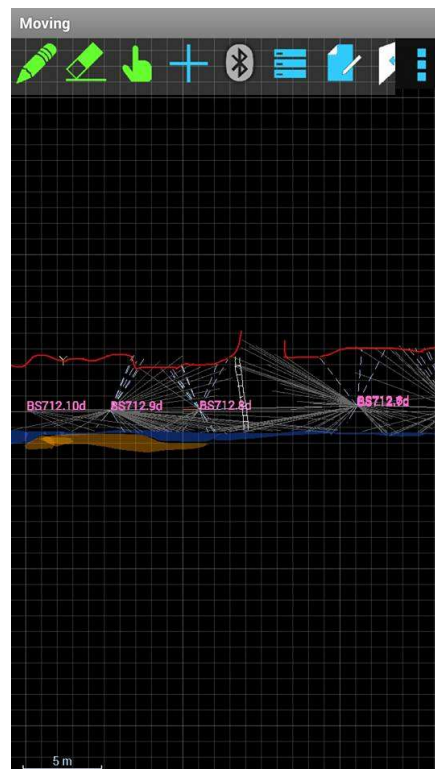
Obr. 4.6 - Prostředí aplikace TopoDroid

4.2.2 Průběh podrobného měření

Podrobné mapování zahrnovalo měření pro tři typy grafických výstupů. Půdorys, podélný řez a příčný řez. Pro uvedené výstupy byly vedeny samostatné měřické náčrty, mezi kterými bylo možné přepínat.

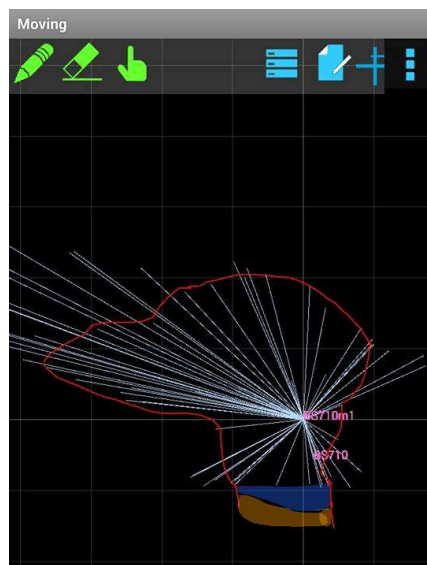


Obr. 4.7 - Náčrt půdorysu v aplikaci TopoDroid



Obr. 4.8 - Náčrt podélného řezu v aplikaci TopoDroid

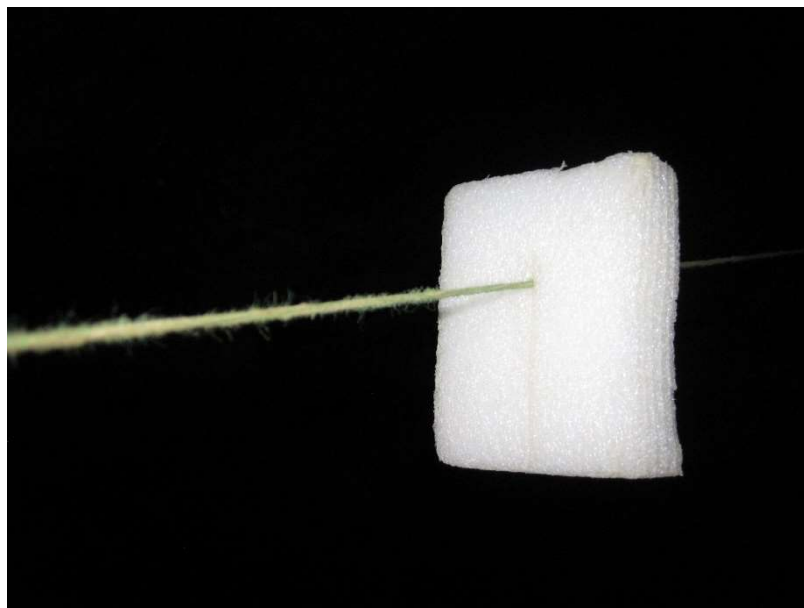
Předmětem podrobného mapování bylo zaměření nejširší části jeskyně místě pro půdorys a nejvyšší a také nejhlubší části pro zákres do podélného řezu. Rozlišovaly se i rozhraní různých povrchů a taky významné prvky jako jsou například sintrové útvary. V naší měřené části se nejčastěji jednalo o povrchy skálu, šterk a vodu. Navíc byly měřeny i příčné řezy, aby byl lépe zachycen skutečný tvar jeskynních chodeb.



Obr. 4.9 - Náčrt příčného řezu v aplikaci TopoDroid

U podrobného měření mapované části jeskyně jsme vycházeli z bodů námi zaměřeného polygonového pořadu a bodů vycházejících z tohoto pořadu, které byly realizovány dočasnou stabilizací. V části s trvale stabilizovanými body šlo hlavně o metodu s využitím mirelonové destičky, která byla zavěšena na provazu, který tvořil spojnici mezi dvěma sousedními body polygonového pořadu. V další části jeskyně, kde se již trvale stabilizované body nenacházeli, probíhalo podrobné měření přímo z dočasně stabilizovaných bodů pokračujícího polygonového pořadu.

Nejprve bylo nutné výchozí body pro měření vytvořit v zápisníku. To lze provést tak, že se požadovaný bod polygonového pořadu třikrát zaměří z jiného bodu pořadu a tím bod v zápisníku vznikne. Když jej následně v zápisníku označíme, budou z něj veškerá další měření azimutů, délek a sklonů vycházet. Jako cíl byla využita stejná bílá plastová destička jako u měření šikmých délek mezi body pořadu.



Obr. 4.10 - Mirelon využívaný při podrobném měření (foto T. Zubík)

Kanony					
621	BS712.3d	2.02	149.5	16.8	[>]
622	BS712.3d	1.65	148.7	-4.6	[>]
623	BS712.4d	BS712.5d	6.02	23.5	2.8...
624		6.02	23.5	2.8	[<]
625		6.03	23.4	2.8	[<]
626	BS712.4d	1.91	342.2	-45.0	[<]
627	BS712.4d	1.93	368.5	-46.2	[<]
628	BS712.4d	2.13	383.6	-38.5	[<]
629	BS712.4d	3.10	395.8	-26.6	[<]
630	BS712.4d	4.24	0.4	-19.0	[>]
631	BS712.4d	1.98	44.6	-43.1	[>]
632	BS712.4d	2.63	35.2	-31.0	[>]
633	BS712.4d	3.80	30.7	-22.1	[>]
634	BS712.4d	2.94	321.5	56.0	[<]
635	BS712.4d	3.18	336.9	60.4	[<]
636	BS712.4d	3.44	353.6	59.6	[<]
637	BS712.4d	3.78	370.3	54.3	[<]
639	BS712.5d	5.09	266.2	54.0	[<]
640	BS712.5d	3.69	279.7	55.3	[<]
641	BS712.5d	3.50	298.9	51.7	[<]
642	BS712.5d	1.63	145.6	-87.3	[>]
643	BS712.5d	1.82	5.0	-70.2	[>]
644	BS712.5d	2.66	376.2	-39.8	[<]
645	BS712.5d	3.81	364.6	-26.1	[<]
646	BS712.5d	2.79	236.5	77.9	[<]

Obr. 4.11 - Zápisník podrobného měření v aplikaci TopoDroid

5 ZPRACOVÁNÍ DAT

Po skončení měřických prací následovalo zpracování naměřených dat. To spočívalo ve výpočtu souřadnic jeskynního polygonového pořadu v systému S-JTSK a výpočet výšek v systému Bpv. Dále byl proveden export dat z podrobného mapování z aplikace TopoDroid a jejich následné zpracování.

5.1 Výpočet souřadnic bodů polygonového pořadu

K výpočtu souřadnic a výšek polygonového pořadu bylo nutné znát vrcholové úhly mezi určenými body pořadu a vodorovné délky mezi sousedními body. Vrcholové úhly byly získány ze zápisníků měřených vrcholových úhlů uvedených v příloze č. 1. Měřené šikmé délky se nachází v zápisnících nivelace v příloze č. 2. Ty byly díky převýšení získaného nivelací (příloha č. 2) a pomocí užití Pythagorovy věty převedeny na délky vodorovné. Následovalo zavedení opravy z kartografického zkreslení a opravy z nadmořské výšky, které byly získány z geodetického programu Groma v11.1. Pro určení těchto oprav byly využity souřadnice a výška bodu BS526A. Výšky jednotlivých bodů byly vypočítány díky známému převýšení bodů zjištěné nivelací.

Pravoúhlé souřadnice:		Polární souřadnice:	
Y:	590240,339	Ro:	1291549.487 m
X:	1148789,110	Epsilon:	27.19380266 °
Z:	308,188	Kartografické souřadnice:	
		Šířka:	78.55827870 °
		Délka:	27.75091038 °

Měřitkový koeficient:	
<input checked="" type="checkbox"/> Oprava z kartografického zkreslení	0.999900518104
<input checked="" type="checkbox"/> Oprava z nadmořské výšky:	0.999951702330
Výsledný měřitkový koeficient:	0.999852225239

Nastavit Vypočet

Obr. 5.1 – Určení oprav v programu Groma

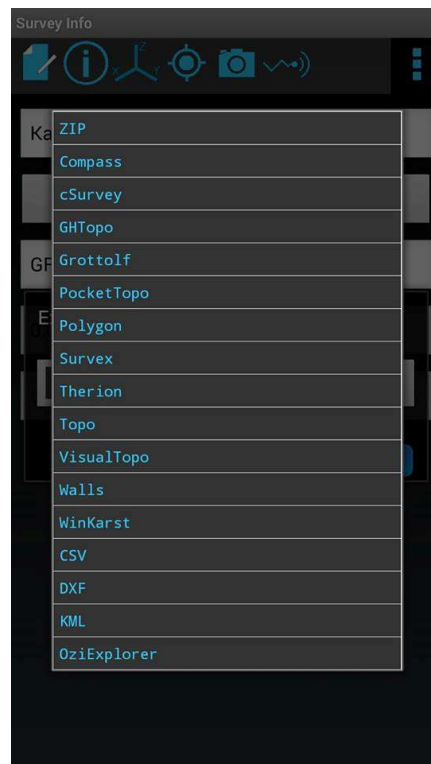
Samotný výpočet souřadnic i výšek proběhl ručně. V první řadě byly vypočítány směrníky $\sigma_{BS526A, BS525}$ a $\sigma_{BS526A, BS527}$ ze známých souřadnic bodů BS525, BS526A a B527. Poté byly z těchto směrníků vypočítány směrníky na první bod polygonového pořadu BS701 díky přičítání a odečítání příslušných úhlů z převzaté osnovy směrů (Tab. 4.2). Pro získání výsledného směrníku $\sigma_{BS526A, BS701}$ byl vypočítán jejich průměr. Potom následoval výpočet ostatních směrníků v polygonovém pořadu, a nakonec i výpočet jednotlivých souřadnic bodů.

Tab. 5.1 - Výsledné souřadnice bodů polygonového pořadu

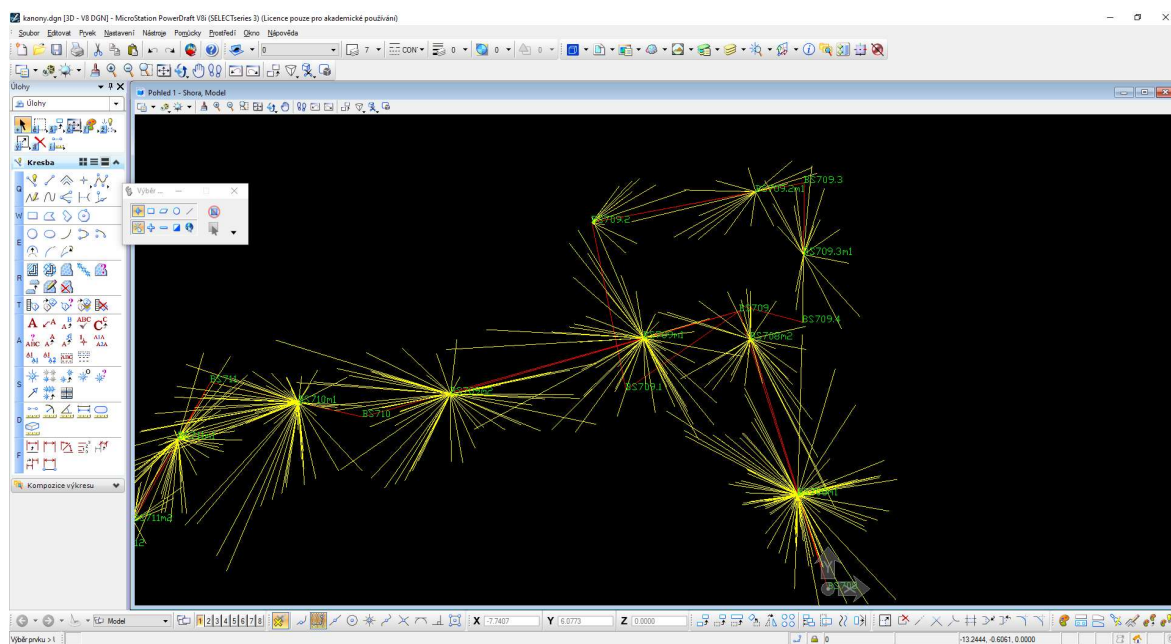
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	H _{Bpv} [m]
BS701	590 257,551	1 148 794,081	306,504
BS702	590 269,652	1 148 783,105	307,720
BS703	590 271,652	1 148 775,528	305,693
BS704	590 287,590	1 148 776,871	306,042
BS705	590 292,201	1 148 784,670	305,143
BS706	590 316,216	1 148 784,760	309,243
BS707	590 322,119	1 148 789,003	306,916
BS708	590 360,283	1 148 791,131	309,043
BS709	590 362,174	1 148 777,611	305,670
BS710	590 380,403	1 148 779,705	304,749
BS711	590 387,088	1 148 776,693	306,130
BS712	590 393,193	1 148 783,103	305,972

5.2 Export podrobného měření

Aplikace Topodroid umožňuje export naměřených dat v řadě grafických formátů a ve formě zápisníků. Lze provést export i celé zakázky obsahující veškerá data do formátu *.zip. Tyto exportované soubory jde poté stáhnout na vyměnitelný disk nebo poslat pomocí Bluetooth na jiné zařízení s nainstalovaným operačním systémem Android. Pro náš účel byl použit export všech měřických náčrtů do formátu *.dxf. Tento formát lze také mimo jiné otevřít v námi preferovaném grafickém programu MicroStation PowerDraft V8i. Po otevření souboru v tomto programu, se zobrazil polygonový pořad zaměřený při podrobném měření červenou barvou a žluté úsečky představují délky k podrobným bodům, na jejichž koncích se tyto body nacházejí. Kresba se v této fázi nenachází v S-JTSK.



Obr. 5.2 - Možnosti exportu v aplikaci TopoDroid



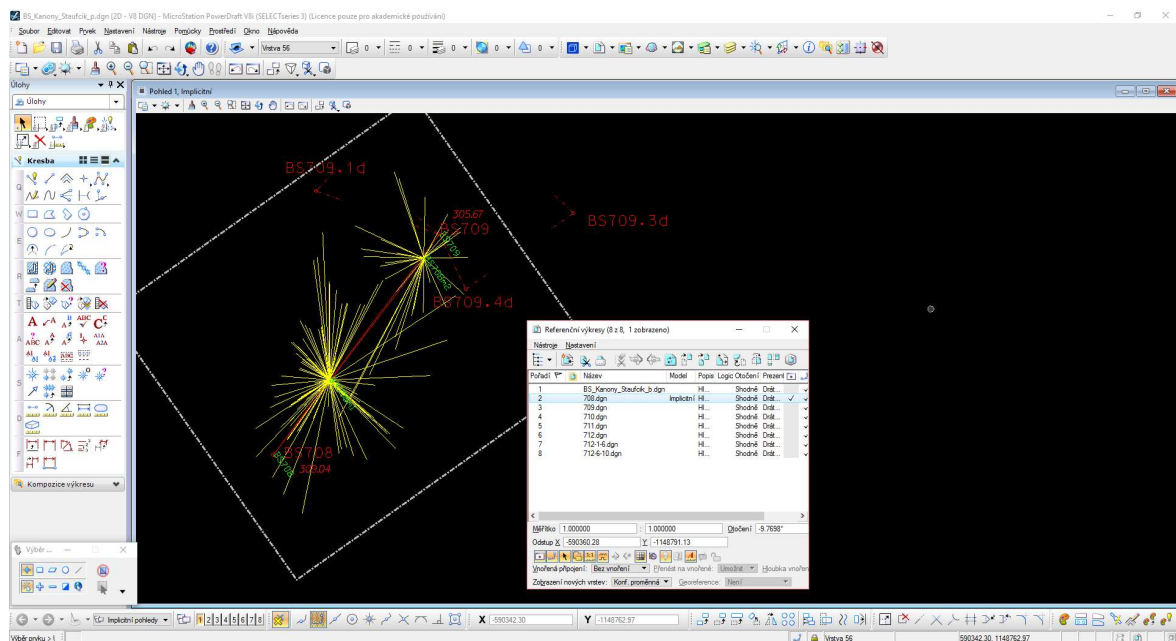
Obr. 5.3 - Exportovaná data otevřená v programu MicroStation

5.3 Tvorba mapy

Speleologickou mapou rozumíme rovinný obraz objektů speleologického mapování v určeném měřítku a souřadnicovém systému. Jako půdorys jeskyně nazveme svislý průmět charakteristických znaků jeskynních chodeb do zvolené horizontální roviny. Podélným řezem jeskynní chodby označíme promítnutí charakteristických znaků chodeb a dutin, obvykle dna a stropu, v podélném směru na svislou lomenou plochu rozvinutou do roviny. Příčné řezy se vykreslují jako řezy jeskyně svislou rovinou, která je kolmá na hlavní směr jeskyně. [9]

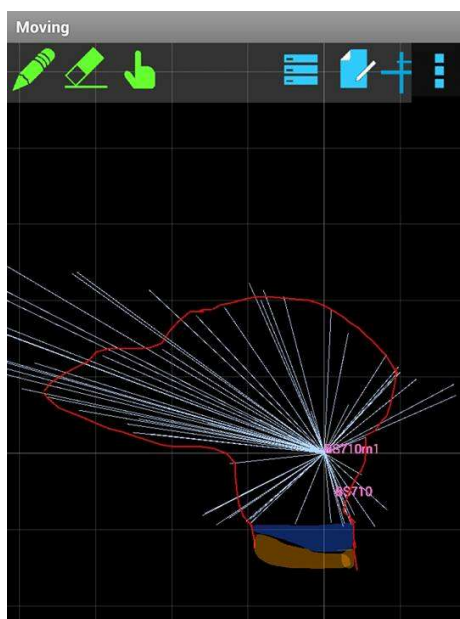
Pro tvorbu map byly použity smluvené atributy prvků a buňky, které byly poskytnuty vedoucím této práce. Nejprve bylo nutné udělat textový soubor se souřadnicemi a výšky vypočtených bodů polygonového pořadu. Tento soubor byl potom nahrán do samostatného výkresu ve formátu *.dgn v grafickém programu MicroStation PowerDraft V8i a následně referenčně připojen do prázdného výkresu připraveného ke kresbě půdorysu.

K vyhotovení půdorysu byla použita exportovaná data z podrobného měření, viz předchozí kapitola. Byly udělány kopie původního exportovaného *.dxf souboru, v kterých byla naměřená data rozdělena na oddělené úseky tak, aby byly přehledné a dalo se podle nich tvořit finální mapu. Tyto soubory byly postupně referenčně připojovány do výkresu a jelikož se nenacházely v požadovaném souřadném systému, musely být vždy posunuty a pootočený tak, aby odpovídaly výše uvedeným referenčně připojeným bodům polygonového pořadu. Po takové přípravě bylo možné začít kreslit mapu podle příslušných atribut.

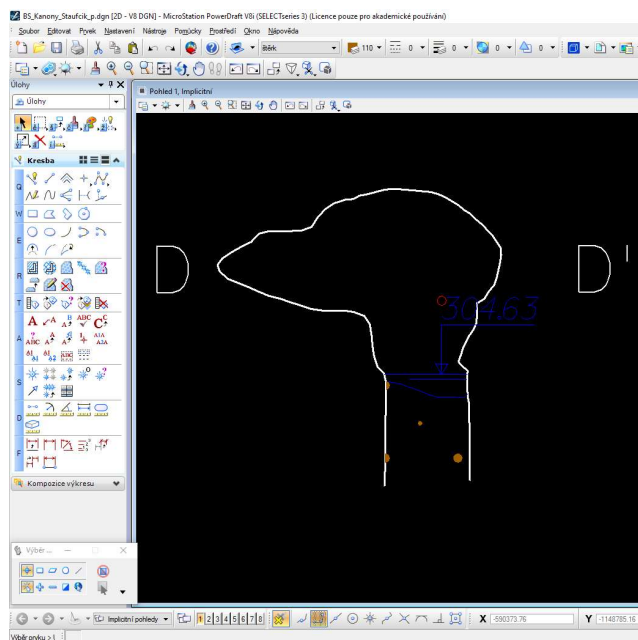


Obr. 5.4 - Ukázka referenčního připojení

Exportované příčné řezy nebylo možné otevřít v programu MicroStation PowerDraft V8i. Proto byl využit program ArchiCAD, v kterém byly pak tyto řezy uloženy do formátu *.dgn. K vyhotovení řezů byly použity přímo exportované náčrty z aplikace Topodroid, u kterých byla kresba pouze vyhlazena a doplněná o potřebné náležitosti.



Obr. 5.5 - Náčrt příčného řezu v aplikaci TopoDroid



Obr. 5.6 - Hotový příčný řez v mapě

Tvorba podélného půdorysu probíhala obdobnou metodou jako půdorys. S tím rozdílem, že kresbu nebylo nutné provádět v souřadnicovém systému S-JTSK a byly pouze vytvořeny výškové hladiny, díky kterým si lze snáze představit výškovou členitost jeskyně.



Obr. 5.7 - Ukázka výškových hladin v podélném profilu

6 ZÁVĚR

Tato práce se zabývala vyhotovením mapy mapováním západní části Kaňonů v jeskyni Býčí skála. Nejprve bylo vyhotoveno bodové pole formou volného polygonového pořadu, jehož bodům byla určena poloha v souřadnicovém systému S-JTSK a jejich výšky ve výškovém systému Bpv. Na polygonový pořad navazovalo podrobné měření, které probíhalo formou elektronického sběru dat pomocí speciálně upraveného laserového dálkoměru Leica DistoX2, které bylo spárované s tabletem, a bylo tedy možné i náčrt vést elektronicky. Po dokončení měřických prací byla naměřená data zpracována a poté byl v grafickém programu MicroStation PowerDraft V8i vyhotoven půdorys a podélný profil dané lokality.

Obě mapy byly nakresleny v měřítku 1:250 a půdorys byl ještě navíc pootočen o úhel $6,1^\circ$, což je hodnota, kterou nabývá meridiánová konvergence v okolí jeskyně Býčí skála.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Moravský kras* [online]. [cit. 24-04-2017]. Dostupné z: <http://www.moravskykras.net/>
- [2] *Mapy.cz*. [online]. [cit. 24-04-2017]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [3] GOLEC, Martin, Vlastislav KÁŇA, Aleš PEKÁREK, et al. *Býčí skála: jeskyně a člověk – příroda a kultura*. Blansko: ZO ČSS 6-01 Býčí skála, 2015.
- [4] *Oficiální stránky ZO ČSS 6-01 Býčí skála* [online]. [cit. 25-04-2017]. Dostupné z: <http://www.byciskala.cz/>
- [5] *Institut geodézie a důlního měřictví* [online]. 2015 [cit. 30-04-2017] Dostupné z: <https://www.igdm.cz/wp-content/uploads/2015/12/K141.jpg>
- [6] Heeb, B. 2015: *DistoX2 User Manual*. [online]. [cit 20-04-2017]. Dostupné z: <http://paperless.bheeb.ch>
- [7] Heeb, B. 2013: *DistoX2 Calibration Manual*. [online]. [cit 20-04-2017]. Dostupné z: <http://paperless.bheeb.ch>
- [8] Corvi, M. 2016: *TopoDroid v.2.7 User Manual*. [online]. [cit 13-05-2017]. Dostupné z: <http://marcocorvi.altervista.org/caving/apps/tdmanual/manual00.htm>
- [9] HROMAS, Jaroslav a Josef WEIGEL. *Základy speleologického mapování*. Praha: Česká speleologická společnost, 1988. Knihovna České speleologické společnosti.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

8.1 Seznam obrázků

Obr. 2.1 - Lokalizace CHKO Moravský kras [2]	12
Obr. 2.2 - Skalní stěna se vstupem do Býčí skály [3]	13
Obr. 2.3 - Část mapy Býčí skály s umístěním Kaňonů [3]	14
Obr. 3.1 - Teodolit Zeiss Theo 010A (foto T. Zubík)	16
Obr. 3.2 - Nivelační přístroj Meopta MNK20 [5]	16
Obr. 3.3 - Laserový dálkoměr DistoX2 (foto T. Zubík)	16
Obr. 3.4 - Obrazovka DistaX2 [6]	17
Obr. 3.5 - Postup kalibrace [7]	18
Obr. 3.6 - Stabilizace bodu polygonového pořadu (foto R. Chaloupka)	19
Obr. 4.1 - Způsob signalizace bodů při měření vrcholových úhlů polygonového pořadu (foto T. Zubík)	22
Obr. 4.2 - Průběh měření osnovy směrů (foto T. Zubík)	23
Obr. 4.3 - Ukázka zápisu měření vrcholových úhlů	24
Obr. 4.4 - Průběh nivelace (foto R. Kratochvíl)	24
Obr. 4.5 - DistoX2 a Samsung Galaxy Tab Active (foto T. Zubík)	25
Obr. 4.6 - Prostředí aplikace TopoDroid	26
Obr. 4.7 - Náčrt půdorysu v aplikaci TopoDroid	27
Obr. 4.8 - Náčrt podélného řezu v aplikaci TopoDroid	27
Obr. 4.9 - Náčrt příčného řezu v aplikaci TopoDroid	28

Obr. 4.10 - Mirelon využívaný při podrobném měření (foto T. Zubík)	29
Obr. 4.11 - Zápisník podrobného měření v aplikaci TopoDroid	29
Obr. 5.1 – Určení oprav v programu Groma	30
Obr. 5.2 - Možnosti exportu v aplikaci TopoDroid	32
Obr. 5.3 - Exportovaná data otevřená v programu MicroStation	32
Obr. 5.4 - Ukázka referenčního připojení	34
Obr. 5.5 - Náčrt příčného řezu v aplikaci TopoDroid	34
Obr. 5.6 - Hotový příčný řez v mapě	34
Obr. 5.7 - Ukázka výškových hladin v podélném profilu	35

8.2 Seznam tabulek

Tab. 4.1 - Převzaté souřadnice	21
Tab. 4.2 - Převzatá osnova směrů	21
Tab. 5.1 - Výsledné souřadnice bodů polygonového pořadu	31

9 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č.1: Zápisníky měření vrcholových úhlů (tištěná, elektronická)
- Příloha č.2: Zápisníky pro technickou nivelaci a měřené šikmé délky (tištěná, elektronická)
- Příloha č.3: Půdorys: Býčí skála, Kaňony - západní část (tištěná, elektronická)
- Příloha č.4: Podélný profil: Býčí skála, Kaňony - západní část (tištěná, elektronická)
- Příloha č.5: Postup výpočtu polygonového pořadu + Seznam souřadnic (tištěná, elektronická)
- Příloha č.6: Soubor pro aplikaci TopoDroid – měřický náčrt, elektronický zápisník (elektronická)
- Příloha č.7: Podklady pro zpracování (elektronická)